

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 16.10.2023 14:48:05  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения



/Е.В. Сафонов/

« 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Методы структурного анализа»**

Направление подготовки

**22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Профиль подготовки

**«Перспективные материалы и технологии»**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Москва 2020 г.

Программа составлена в соответствии с ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» профиль подготовки «Перспективные материалы и технологии»

Программу составила



доцент, к.ф.-м.н. Т.Ю.Скакова

Программа дисциплины «Методы структурного анализа» по направлению подготовки 22.03.01

«Материаловедение и технологии материалов» утверждена на заседании кафедры

«Материаловедение»

«22» июня 2020г

протокол № 12

Зав. кафедрой



/А.Д.Шляпин/

Программа согласована с руководителем образовательной программы



/И.А.Курбатова/

«22» июня 2020г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета

Машиностроения

Председатель комиссии



«15» июня 2020г.

Протокол № 6-20

22.03.01/01/07

## **1.Цели освоения дисциплины**

К **основным целям** освоения дисциплины «Методы структурного анализа» следует отнести:

- формирование знаний о современных рентгенографических и электронно-микроскопических методах структурного анализа материалов для решения материаловедческих задач
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений производить качественные и количественные оценки структурных и фазовых превращений в металлах и сплавах методами структурного анализа.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Методы структурного анализа» следует отнести:

- освоение методик структурного анализа материалов с применением методов рентгенографии и электронной микроскопии и основ анализа экспериментальных данных, полученных методами рентгенографии и электронной микроскопии

## **2.Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.**

В учебном плане дисциплина «*Методы структурного анализа*» относится к числу учебных дисциплин вариативной части (по выбору Б 1.3) и дает студентам знания о современных методах исследования макро-, микро и тонкой структуры материалов, актуальных методиках структурного анализа материалов с применением рентгенографии и электронной микроскопии.

Курс «*Методы структурного анализа*» основывается на знаниях, полученных из курсов: «Физика», «химия», «Высшая математика». Знание курса необходимо для овладения такими дисциплинами, как «Металлические материалы», «Неметаллические материалы», «Композиционные материалы», «Наноматериалы», «Специальные главы материаловедения», кроме того, сведения, излагаемые в курсе «*Методы структурного анализа*», необходимы для выполнения студентами выпускной квалификационной работы.

## **3.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-4	способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закономерности физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</li> <li>• физические основы методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов)</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</li> <li>• применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов),</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии</li> </ul>
ПК-5	готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации;	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможности и ограничения различных методов структурного анализа</li> <li>• Основные принципы интерпретации экспериментальных результатов, полученных методами структурного анализа</li> <li>• Номенклатуру рентгеновских установок и электронных микроскопов</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оценивать эффективность использования</li> </ul>

		<p>различных методов структурного анализа</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</li> </ul>
ПК-6	<p>способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями;</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности тонкой структуры материалов</li> <li>• взаимосвязь микро- и нано-структуры и свойств материалов</li> <li>• особенности взаимодействия материалов с полями и излучениями</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов;</li> <li>• оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <p>современными методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов</p>

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единицы, т.е. **216** академических часов (из них 108 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины изучаются на первом курсе во втором семестре и на втором курсе в третьем семестре.

**Второй семестр:** лекции – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов) форма контроля – зачет.

**Третий семестр:** лекции – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов), форма контроля - экзамен.

Структура и содержание дисциплины «*Методы структурного анализа*» по срокам и видам работы изложены в Приложении А

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

## Содержание разделов дисциплины.

**Тема 1. Введение. Предмет курса. Роль рентгеноструктурных и электронно-оптических методов анализа вещества в современном металловедении.** Проблемы материаловедения, связанные с изучением атомно- кристаллического строения. Связь рентгенографии, нейтронографии и электронографии со структурной кристаллографией и физикой твердого тела.  
Требования техники безопасности при рентгеновских исследованиях. Контроль качества деталей.

### **Тема 2. Строение кристаллических материалов**

Элементы кристаллохимии и кристаллофизики. Понятие пространственной решетки, решетки Бравэ, атомного радиуса, координационного числа. Принцип плотнейшей упаковки частиц, типы связей, полиморфизм, свойства кристаллов. Геометрическая и структурная кристаллография. Элементы симметрии кристаллов, сингонии. Дефекты кристаллического строения. Точечные дефекты, вакансии, подвижность вакансий, источники вакансий; межузельные атомы. Дефект Френкеля. Дефекты упаковки. Диффузия в металлах и сплавах. Законы диффузии, механизм, влияние внешних и внутренних факторов. Линейные дефекты. Дислокации, виды дислокаций, энергия дислокаций, взаимодействие дислокаций, движение и торможение дислокаций. Экспериментальные методы исследования дислокаций. Дисклинации. Поверхностные дефекты. Границы зерен, субзерен. Высокоугловые, малоугловые границы. Энергия границ, движение границ.

### **Тема 3. Теория сплавов**

Виды фаз, их строение, свойства. Кристаллизация жидких растворов. Термодинамические условия процесса. Строение жидкого металла. Основные параметры кристаллизации. Механизм образования и роста зародышей, критический зародыш и связь его размеров со степенью переохлаждения. Гомогенное и гетерогенное зарождение фаз, принцип размерного и структурного соответствия фаз. Реальные формы кристаллов, образующихся при кристаллизации. Дендритная и зональная ликвация. Эвтектическая кристаллизация, виды эвтектик. Направленная кристаллизация, выращивание монокристаллов, образование псевдоэвтектик. Фазы в металлических системах: твердые растворы, промежуточные фазы (химические соединения) переменного и постоянного состава, свойства различных фаз, упорядочение. Структурные изменения в твердых металлах. Строение и свойства железа. Диаграмма состояния железо-цементит. Полиморфизм железа. Фазы, структурные составляющие сплавов железо-углерод. Формирование структуры сплавов с различным содержанием углерода. Образование метастабильных фаз, аморфного состояния. Кинетика и механизмы (диффузионный и мартенситный) полиморфных превращений. Термодинамика и кинетика мартенситных превращений. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Методы построения диаграмм фазового равновесия. Правило фаз Гиббса и его применение к изучению двойных систем, правило отрезков. Классификация двойных систем: с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии; образование псевдоэвтектических структур; диаграммы перитектического типа; с устойчивым и неустойчивым химическим соединением; диаграммы монотектического, синтектического, метатектического типа. Эвтектоидное и перитектоидное превращения, полиморфные превращения на диаграммах. Формирование структур характерных двойных сплавов, их особенности. Зависимость свойств сплавов от состава и типа диаграммы. Выбор сплавов определенного назначения на основе анализа диаграмм. Диаграмма состояния и термическая обработка. Диаграммы состояния тройных систем. Изображение составов тройных сплавов и свойства концентрационного треугольника. Правило отрезков и центра тяжести треугольника. Основные типы диаграмм: с неограниченной растворимостью компонентов в

жидком и твердом состоянии; ограниченной растворимостью в твердом состоянии; ограниченной растворимостью в твердом

#### **Тема 4. Метастабильные структуры**

Получение неустойчивых состояний при термической обработке. Особенности строения метастабильных структур (сорбит, троостит, бейнит). Получение структуры мартенсита. Прямое и обратное мартенситные превращения. Физические и механические свойства мартенсита. Распад мартенсита при нагреве. Структуры отпущенной стали, особенности влияния на свойства. Аморфное состояние сплавов. Наноструктурные состояния. Способы получения метастабильных состояний: механоактивация, закалка из жидкого состояния.

#### **Тема 5. Физика рентгеновских лучей.**

Свойства рентгеновских лучей. Основные закономерности сплошного и характеристических спектров. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Поглощение рентгеновских лучей. Вторичное характеристическое излучение. Методы регистрации проникающих излучений. Основные принципы рентгеноспектрального анализа вещества.

#### **Тема 6. Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей и характеристики методов структурного анализа.**

Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей. Интерференция рентгеновских лучей, рассеянных трехмерной решеткой. Уравнение Вульфа-Брегга. Сфера отражения. Условия отражения рентгеновских лучей. Характеристика основных методов рентгеноструктурного анализа с использованием представления об обратной решетке: - метод Лауэ, - метод вращающегося кристалла; - метод поликристаллов.

#### **Тема 7. Методы рентгеноструктурного анализа.**

Метод поликристаллов. Типы съемок и объект исследования. Выбор излучения и режима съемки. Расчет рентгенограмм. Интенсивность линий. Индексирование рентгенограмм от вещества с кубической сингонией. Рентгеновская дифрактометрия. Измерение интенсивности. Метод неподвижного монокристалла. Определение симметрии и ориентировки кристалла.

#### **Тема 8. Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию металлов и сплавов.**

Прецизионное определение периода кристаллической решетки. Рентгенографическое исследование твердых растворов и определение границы растворимости. Анализ напряжений. Определение величины микродеформаций кристаллической решетки по уширению интерференционных линий. Определение размера частиц (областей когерентного рассеяния - ОКР). Качественный и количественный анализ фазового состава сплавов. Анализ карбидных и интерметаллидных фаз в сплавах. Изучение процессов, происходящих при термической обработке сплавов. Рентгенографический анализ закаленной стали. Определение содержания углерода в мартенсите и количества остаточного аустенита. Распад мартенсита при отпуске стали. Исследование преимущественных ориентировок (текстур)

#### **Тема 9. Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.**

Растровая электронная микроскопия. Задачи, решаемые методом растровой электронной микроскопии. Формирование контраста в растровом электронном микроскопе. Возможности и ограничения метода. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) в металловедении. Оптическая схема электронного микроскопа. Режимы микродифракции и изображения. Метод фольг. Интерпретация и анализ электронно-микроскопических изображений. Темнопольные и светлопольные изображения. Расчет электронограмм поликристаллического вещества. Анализ точечной электронограммы. Электронно-оптический анализ дислокационной структуры. Определение плотности дислокаций. Изучение границ зерен методом ПЭМ. Прямое разрешение кристаллической решетки.

## 5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Методы структурного анализа» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- лекции;
- лабораторные работы в малых группах (2 – 3 человека);
- внеаудиторная самостоятельная подготовка к лабораторным работам;
- консультации преподавателя по сети Интернет в режиме on- или off-line;
- входной контроль готовности студента к лабораторным работам;
- подготовка каждым студентом в течение семестра одного доклада с презентацией;
- выступление каждого студента с докладом в форме презентации с использованием деловых игр, дискуссий;
- защита лабораторных работ с использованием деловых игр, кейс-задач
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Методы структурного анализа» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита.
- доклад по теме: «Методы и методики структурного анализа» (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка и выступление на аудиторном занятии с презентацией и обсуждением на тему «Методы и методики структурного анализа» (индивидуально для каждого обучающегося);



Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов.

Образцы тестовых заданий, тем докладов, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-4	способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
ПК-5	готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
ПК-6	Способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

**6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>ПК-4 - способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</b>				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p><b>знать:</b></p> <p>закономерности физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p> <p>физические основы методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: закономерностей физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p> <p>физических основ методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов)</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: закономерностей физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p> <p>физических основ методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов). Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: закономерностей физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p> <p>физических основ методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: закономерностей физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p> <p>физических основ методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ</p>

(материалов)		испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		(материалов)
<b>уметь:</b> использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов)	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов)	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов).  Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов).  Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов).  Свободно оперирует приобретенным и умениями,

		ситуации.		применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> методиками структурного анализа при использовании и методов рентгенографии и электронной микроскопии	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии	Обучающийся владеет методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
<b>ПК-5 - готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации</b>				
<b>знать:</b> Возможности и ограничения различных методов структурного анализа Основные принципы интерпретации и экспериментальных	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: возможностей и ограничений различных методов структурного анализа; основных принципов интерпретации экспериментальных результатов,	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: возможностей и ограничений различных методов структурного анализа; основных принципов интерпретации экспериментальных результатов, полученных методами структурного анализа; номенклатуры	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: возможностей и ограничений различных методов структурного анализа; основных принципов интерпретации экспериментальных результатов, полученных методами структурного анализа;	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: возможностей и ограничений различных методов структурного анализа; основных принципов

<p>результатов, полученных методами структурного анализа. Номенклатуру рентгеновских установок и электронных микроскопов</p>	<p>полученных методами структурного анализа; номенклатуры рентгеновских установок и электронных микроскопов.</p>	<p>рентгеновских установок и электронных микроскопов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>номенклатуры рентгеновских установок и электронных микроскопов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>интерпретации экспериментальных результатов, полученных методами структурного анализа; номенклатуры рентгеновских установок и электронных микроскопов, свободно оперирует приобретенным и знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа и интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа и интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа и интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа и интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа и интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>

<p><b>владеть:</b> методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>Обучающийся владеет методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**ПК-6 - способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями**

<p><b>знать:</b> особенности тонкой структуры материалов; взаимосвязь микро- и наноструктуры и свойств материалов; особенности взаимодействия материалов с полями и излучениями;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: особенностей тонкой структуры материалов; взаимосвязи микро- и наноструктуры и свойств материалов; особенностей взаимодействия материалов с полями и излучениями;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: особенностей тонкой структуры материалов; взаимосвязи микро- и наноструктуры и свойств материалов; особенностей взаимодействия материалов с полями и излучениями. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: особенностей тонкой структуры материалов; взаимосвязи микро- и наноструктуры и свойств материалов; особенностей взаимодействия материалов с полями и излучениями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: особенностей тонкой структуры материалов; взаимосвязи микро- и наноструктуры и свойств материалов; особенностей взаимодействия материалов с полями и излучениями;</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>уметь:</b> оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов; оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов; оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов; оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов; оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями.  Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов; оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> современными и методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет современными методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов</p>	<p>Обучающийся владеет современными методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет современными методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов , навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет современными методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

*К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Методы структурного анализа» (прошли промежуточный контроль - контрольные работы, коллоквиум, выполнили и защитили лабораторные работы)*

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
<i>Зачтено</i>	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</i>
<i>Не зачтено</i>	<i>Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</i>

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».



*К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Методы структурного анализа» (прошли промежуточный контроль -контрольные работы, коллоквиум, выполнили и защитили лабораторные работы, подготовили доклад и презентацию, выступили с докладом).*

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
<i>Отлично</i>	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</i>
<i>Хорошо</i>	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 незначительные ошибки.</i>
<i>Удовлетворительно</i>	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.</i>
<i>Неудовлетворительно</i>	<i>Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</i>

**Фонды оценочных средств представлены в приложении Б к рабочей программе.**

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

### а) основная литература

Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ :учеб. пособие для вузов. / Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. - М.: МИСИС, 2002

### б) дополнительная литература

Ф.Скакова Т.Ю., Трифонов Ю.Г. Методы структурного анализа материалов и контроль качества деталей. Ч. 1: Просвечивающая электронная микроскопия :учеб.-метод. пособие 32-8. / сост. - М.: МГИУ, 2012

Скакова Т.Ю., Трифонов Ю.Г. Методы структурного анализа материалов и контроль качества деталей. Ч. 2: Просвечивающая электронная микроскопия :метод. указания к выполнению практ. заданий 32-10. / сост. - М.: МГИУ, 2013

### в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

<http://mospolytech.ru/index.php?id=309>

[www.twirpx.com](http://www.twirpx.com)

<http://metall-2006.narod.ru>

<http://www.iqlib.ru>

[www.vlab.wikia.com](http://www.vlab.wikia.com)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Аудитория для лекционных, лабораторных, практических занятий ав.1318. 115280, г. Москва, Автозаводская, д. 16	Столы учебные со стульями, аудиторная доска, переносной проектор, экран, наглядные пособия. Рабочее место преподавателя: стол, стул. Учебное лабораторное оборудование: штангенциркули.; пресс для запрессовки образцов; лупа Бринелля; микрометр.; твердомер ТР.; твердомер ТР5006-02микротвердомер ПМТ-3М.; микроскоп Метам-РВ. . Подсобные помещения: рабочее место инженера –стол, стулья, шкафы для хранения образцов и методических пособий, комплекты образцов.
Аудитория для лекционных, лабораторных, практических занятий ав.1304. 115280, г. Москва,	Столы учебные со стульями, аудиторная доска. Рабочее место преподавателя: стол, стул Учебное лабораторное оборудование: микроскопы ZASILACZMIKROSKOPOWYtypTVO 6/20.; твердомер ТР 5006 микротвердомеры ПМТ-3М лупы Бринелля.; микроскопы АЛЬТАМИ комплекты образцов для лабораторных

Автозаводская, д. 16	работ; шкафы для хранения оборудования и расходных материалов, наглядные пособия.
Аудитория для лекционных, лабораторных, практических занятий ав.1313. 115280, г. Москва, Автозаводская, д. 16	столы учебные со стульями, аудиторная доска. Рабочее место преподавателя: стол, стул; переносной проектор + экран, компьютер. Учебное и лабораторное оборудование: твердомер ТР 5006; шкафы для хранения с учебно-методической и научной литературой, наглядные пособия (плакаты).

### Другое

1. *Раздаточный материал по всем разделам курса.*
2. *Альбом рентгенограмм.*
3. *Альбомы электронно-микроскопических изображений структуры*

### 9.Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей. Самостоятельная работа сопровождается эффективным контролем и оценкой ее результатов. Предметно и содержательно самостоятельная работа определяется государственным образовательным стандартом, действующим учебным планом, рабочей программой дисциплины, средствами обеспечения самостоятельной работы. Самостоятельная работа – это важнейшая часть любого образования. Обязанность преподавателя – научить студента самостоятельно трудиться, самостоятельно пополнять запас знаний.

Для успешной самостоятельной работы студент должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины.

После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания. Внимательное слушание требует умственного напряжения, волевых усилий. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов. Для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе: формулировки определений и законов, выводы основных уравнений и формул, то, что старается выделить лектор, на чем акцентирует

внимание студентов. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. Более подробно записывайте основную информацию и кратко – дополнительную. Не нужно просить лектора несколько раз повторять одну и ту же фразу для того, чтобы успеть записать. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками.

Лекция не должна превращаться в своеобразный урок-диктант. Поскольку в этом случае вы не учитесь мыслить и анализировать услышанное и лекция превращается в механический процесс.

Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Целесообразно отделить поля, где можно бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребуется потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников: чертежи и рисунки, схемы и графики, цитаты и биографии выдающихся ученых и т.д.

Таким образом, на лекции студент должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись.

Главные задачи лабораторных работ таковы: 1) экспериментальная проверка гипотез; 2) освоение методики измерений и приобретение навыков проведения эксперимента; 3) изучение принципов работы приборов; 4) приобретения умения обработки результатов эксперимента.

Студент должен понимать, что методическое описание – это только основа для выполнения работы, что навыки экспериментирования зависят не от качества описания, а от отношения студента к работе и что формально, бездумно проделанные измерения – это потраченное впустую время.

Если в лабораторной работе исследуется зависимость одной величины от другой, эту зависимость следует представить графически. Число точек на различных участках кривой и масштабы выбираются с таким расчетом, чтобы наглядно были видны места изгибов, экстремумов и скачков. Вычисление искомой величины содержит и расчет погрешностей измерения.

Выполнение каждой из запланированных работ заканчивается написанием вывода.

Зачет – форма итоговой проверки и оценки полноты и прочности знаний студентов, а также сформированности умений и навыков; проводится в виде собеседования по важнейшим вопросам каждого раздела изученного курса или по курсу в целом в индивидуальном порядке. Основная цель подготовки к зачету — достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Но все же довольно много вещей придется просто выучить. При этом следует учитывать ваши индивидуальные особенности. К примеру, если у вас зрительный тип памяти, тогда следует уделить особое внимание внешней форме вашего краткого конспекта — недопустим небрежный, неразборчивый, мелкий почерк. Важные понятия должны быть выделены из текста, чтобы «бросаться в глаза» сразу. Конечно, аккуратный конспект потребует несколько большего времени, но в итоге время на заучивание сократится, и вы эффективнее подготовитесь к экзамену или зачету. Если у вас слуховой тип памяти, следует проговаривать наиболее важную часть материала, возможно даже использовать магнитофон для подготовки. Если же преобладающим у вас является моторный тип памяти, то конспект нужно переписать несколько раз, причем каждый

раз надо вычеркивать то, что вы уже выучили достаточно хорошо, оставляя для переписывания только самое необходимое для запоминания.

### **Вопросы для самоконтроля:**

## **1. Введение. Предмет курса. Связь рентгенографии, нейтронографии и электронографии со структурной кристаллографией и физикой твердого тела.**

1. На чём основаны методы структурного анализа?

## **2. Физика рентгеновских лучей.**

1. Как возникает рентгеновское излучение?
2. Что такое жёсткое и мягкое рентгеновское излучение?
3. Как изменяется проникающая способность рентгеновского излучения с уменьшением длины волны?
4. Какому соотношению подчиняется рассеяние кристаллом рентгеновского излучения?
5. Какие величины можно определить из формулы Вульфа-Брэггов, измеряя экспериментально углы дифракционных максимумов?
6. Что такое сплошной и линейчатый спектры?
7. Какие рентгеновские лучи называются монохроматическими?

## **3. Методы рентгеноструктурного анализа.**

1. Какие три основных метода используются в рентгеноструктурном анализе?
2. В чём состоит метод Лауэ?
3. В чём состоит метод Дебая?
4. Как производится выбор излучения?
5. Как осуществляется регистрация дифракционной картины в рентгеновском дифрактометре?

## **4. Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию металлов и сплавов.**

1. Какие методы рентгенографии используются для определения типа твёрдого раствора?
2. Как проводится количественный фазовый рентгеноструктурный анализ?
3. Как проводится рентгеноструктурный анализ закаленной стали?
4. В чём заключается метод построения границы растворимости с помощью рентгеноструктурного анализа?
5. Какие несовершенства кристаллической структуры могут быть изучены методами рентгенографии?
6. С помощью каких методов определяется ориентировка кристалла?

## **5. Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.**

1. Какие линзы используются в электронном микроскопе?
2. На чём основана работа электронного микроскопа?
3. В чём преимущества ПЭМ перед рентгеноструктурным анализом?

4. Какова длина волны электронов, используемая в ПЭМ?
5. Как перейти от режима изображения в режим дифракции в ПЭМ?
6. Как формируется контраст на изображении дислокации в ПЭМ?
7. Что такое экстинкционные контуры?
8. Как выглядят границы зёрен в ПЭМ?

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

В условиях информатизации всех сфер деятельности человека чтение лекций у доски с мелом становится не эффективным. Предлагается использовать презентации, созданные средствами Microsoft Office Power Point. Демонстрация слайдов должна сопровождаться отступлениями от режима демонстрации и пояснениями лектора. Значительную часть слайдов должны занимать иллюстрации. В процессе изложения материала такой лекции необходимо акцентировать внимание слушателей на ключевых понятиях ее темы.

Если требуется к ним возвращаться, то для этого целесообразно прокручивать материал (слайды) назад. При этом следует активизировать внимание студентов вопросами, которые, как правило, касаются весьма простых, но ключевых понятий. Одновременно следует давать студентам время для пометок и записей в своих конспектах.

Изложенный вариант даёт более высокий эффект, если во время лекции на руках у студентов будет раздаточный материал (тезисы или полный конспект лекций, слайды презентации).

Практические занятия предусматривают изучение нового и закрепление проработанного на лекциях теоретического материала. После того, как студенты разберут теоретический материал по данной работе, им предлагается выполнить задание или презентацию по пройденной теме. Часть заданий может выполняться студентами в качестве самостоятельной подготовки к занятиям. Темы практических работ студентам известны заранее, поэтому к каждому занятию студенты приходят подготовленными. Задания по практическим работам рекомендуется выполнять с использованием программного обеспечения, имеющегося на кафедре

### **ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе**

- A. Структура и содержание дисциплины.
- Б. Фонд оценочных средств.

**Структура и содержание дисциплины «Теория строения материалов» по направлению подготовки**

**22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

**(бакалавр)**

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	<b>Первый семестр</b>														
1.1	<i><b>Введение. Предмет курса.</b></i> Проблемы материаловедения, связанные с изучением атомно-кристаллического строения.	2	1	2											
1.2	<i>Семинарское занятие.</i> Взаимосвязь структуры и свойств материала.	2	1		2										
1.3	<i><b>Роль рентгеноструктурных и электронно-оптических методов анализа вещества в современном материаловедении.</b></i> Связь рентгенографии, нейтронографии и	2	2	2											

	электронографии со структурной кристаллографией и физикой твердого тела.														
1.4	<i>Вводное занятие по лабораторному практикуму.</i> Оптическая микроскопия: возможности и ограничения метода.	2	2			2	2								
1.5	<b>Строение кристаллических материалов</b> Элементы кристаллохимии и кристаллофизики.	2	3	2											
1.6	<i>Семинарское занятие.</i> Элементы симметрии в кристаллах. Базис кристаллической решетки. Координационное число. Коэффициент заполнения ячейки.	2	3		2		2						+		
1.7	<b>Идеальные кристаллы</b>	2	4	2											
1.8	<i>Лабораторная работа</i> Исследование дефектов кристаллического строения металлов. Выявление дислокаций по ямкам травления. Определение плотности дислокаций	2	4			2	2								
1.9	<b>Строение кристаллических материалов.</b> Понятие пространственной решетки, решетки Бравэ, атомного радиуса, координационного числа.	2	5	2											
1.10	<i>Семинарское занятие.</i> Индексирование направлений в кристаллах.	2	5		2		2								



1.11	<b>Строение реальных кристаллов.</b> Дефекты кристаллического строения. Точечные дефекты, вакансии. Механизмы диффузия в металлах и сплавах	2	6	2											
1.12	<i>Лабораторная работа</i> Исследование дефектов кристаллического строения металлов. Определение угла разориентировки субзерен.	2	6			2	2								
1.13	<b>Строение реальных кристаллов..</b> Линейные дефекты. Дислокации, виды дислокаций, энергия дислокаций, взаимодействие дислокаций, движение и торможение дислокаций. Поверхностные дефекты. Границы зерен, субзерен.	2	7	2											
1.14	<i>Семинарское занятие.</i> Индексирование кристаллографических плоскостей.	2	7		2										
1.15	<b>Кристаллизация.</b> Виды фаз, их строение, свойства. Кристаллизация жидких растворов. Термодинамические условия процесса. Строение жидкого металла. Основные параметры кристаллизации	2	8	2											
1.16	<i>Лабораторная работа</i> «Микроструктурный анализ металлов и сплавов. Пробоподготовка. Приготовление шлифов. Травление.»	2	8			2	2								

1.17	<i>Фазы в металлических системах.</i> Твердые растворы внедрения и замещения	2	9	2			2								
1.18	<i>Семинарское занятие.</i> Расчет равновесной концентрации вакансий	2	9		2		2							+	
1.19	<i>Фазы в металлических системах.</i> Промежуточные фазы (химические соединения) переменного и постоянного состава, свойства различных фаз, упорядочение.	2	10	2											
1.20	<i>Лабораторная работа</i> «Микроструктурный анализ металлов и сплавов. Изучение однофазных и многофазных металлических материалов».	2	10			2	5							+	
1.21	<i>Диаграммы состояния двойных систем</i> Методы построения диаграмм фазового равновесия. Классификация двойных систем. Полиморфные	2	11	2										+	

	превращения на диаграммах.														
1.22	<i>Семинарское занятие</i> Правило фаз Гиббса. Построение кривых охлаждения. Анализ структуры сплавов по диаграммам состояния	2	11	2		2									
1.23	<b>Диаграммы состояния двойных систем</b>  Классификация двойных систем. Двойные системы с неограниченной и ограниченной растворимостью	2	12	2		5									
1.24	<i>Лабораторная работа</i> «Микроструктурный анализ сплавов двойных систем. Твердые растворы. Химические соединения».	2	12			2	2								
1.25	<b>Фазовые превращения</b> Полиморфные превращения на диаграммах состояния	2	13	2			2								
1.26	<i>Семинарское занятие.</i> Анализ гипотетических и реальных сложных диаграмм состояния с промежуточными фазами.	2	13		2								+		

1.27	<b>Диаграммы состояния тройных систем.</b> Изображение составов тройных сплавов и свойства концентрационного треугольника. Основные типы диаграмм. Проекция диаграмм на концентрационный треугольник; изо- и политермические разрезы.	2	14	2										
1.28	<b>Лабораторная работа</b> Микроструктурный анализ сплавов сложных систем с превращением в твердом состоянии. Эвтектоидное и перитектоидное превращения	2	14			2	2							
1.29	<b>Фазовые и структурные превращения в системе железо-углерод.</b> Строение и свойства железа. Диаграмма состояния железо-цементит. Полиморфизм железа. Фазы, структурные составляющие сплавов железо-углерод. Формирование структуры сплавов с различным содержанием углерода.	2	15	2			5						+	
1.30	<b>Семинарское занятие.</b> Диаграммы фазового равновесия тройных систем. Концентрационный треугольник. Определение состава тройного сплава.	2	15		2									
1.31	Световая микроскопия в материаловедении: преимущества	2	16	2			2							

	и недостатки метода.														
1.32	<i>Лабораторная работа</i> «Количественный металлографический анализ. Определение размера зерен».	2	16			2									
1.33	<b>Метастабильные структуры.</b> Получение неустойчивых состояний при термической обработке. Структура мартенсита. Прямое и обратное мартенситные превращения. Распад мартенсита при нагреве..	2	17	2											
1.34	<i>Семинарское занятие</i> <b>Методы изучения метастабильных структур</b> процессов, происходящих при термической обработке сплавов.	2	17		2		2								
1.35	<b>Метастабильные структуры.</b> Аморфное состояние сплавов. Наноструктурные состояния. Способы получения метастабильных состояний: механоактивация, закалка из жидкого состояния.	2	18	2											
1.36	<i>Лабораторная работа</i> «Изучение морфологических особенностей мартенсита методом световой микроскопии»	2	18			2	2						+		
	<b>Форма аттестации</b>		<b>19-21</b>												<b>3</b>
	Всего часов по дисциплине во втором семестре			3 6	18	18	45								

	Третий семестр														
2.1	<b>Основные методы структурного анализа.</b> Сравнительная характеристика методов структурного анализа.	3	1	2											
2.2	<i>Семинарское занятие</i> Анализ возможностей световой и электронной микроскопии. Преимущества и недостатки метода рентгенографии	3	1	2		2									
2.3	<i>Лабораторная работа</i> «Изучение структуры мартенсита в сплавах железа и титана методом оптической микроскопии и электронной микроскопии»	3	2			2	2								
2.4	<b>Физика рентгеновских лучей.</b> Свойства рентгеновских лучей. Основные закономерности сплошного и характеристических спектров. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Поглощение рентгеновских лучей. Вторичное характеристическое излучение. Методы регистрации проникающих излучений.	3	3	2			2								
2.5	<i>Семинарское занятие</i> Требования техники безопасности при рентгеновских исследованиях.	3	3		2		2						+		

	Контроль качества деталей.														
2.6	<i>Лабораторная работа</i> «Определение ориентировки кристалла по дифракционным картинам»	3	4			2	2								
2.7	<b>Физика рентгеновских лучей.</b> Основные принципы рентгеноспектрального анализа вещества	3	5	2			2								
2.8	<i>Семинарское занятие.</i> «Физические основы дифракционных методов структурного анализа. Уравнение Вульфа-Брегга. Сфера отражения»	3	5				2								
2.9	<i>Лабораторная работа</i> «Определение ориентировки кристалла по дифракционным картинам» (продолжение)	3	6	2			2						+		
2.10	<b>Рентгеноструктурные и электронно-оптические методы анализа вещества в современном материаловедении.</b> Проблемы материаловедения, связанные с изучением атомно- кристаллического	3	7		2		2								

	строения. Общая характеристика методов структурного анализа. Физические основы методов структурного анализа  <b>Выдача тем доклада</b>														
2.11	<i>Семинарское занятие «Особенности дифракционных картин от моно- и поликристаллов»</i>	3	7	2		2									
2.12	<i>Лабораторная работа «Изучение структуры малоугловых и большеугловых границ зерен методом электронной микроскопии».</i>  <i>1 часть :Малоугловые границы</i>	3	8			2	2								
2.13	<b>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.</b> Растровая электронная микроскопия. Задачи, решаемые методом растровой электронной микроскопии. Формирование контраста в растровом электронном микроскопе.	3	9	2									+		
2.14	<i>Семинарское занятие «Изучение структуры керамик методом растровой микроскопии»</i>	3	9	2		2				+					



2.15	Лабораторная работа «Изучение структуры малоугловых и большеугловых границ зерен методом электронной микроскопии». 2 часть: Большеугловые границы	3	10			2	2								
2.16	<b>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.</b> Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) в металловедении. Оптическая схема электронного микроскопа. Режимы микродифракции и изображения. Метод фольг в ПЭМ. Прямое разрешение кристаллической решетки.	3	11	2											
2.17	Семинарское занятие «Изучение особенностей формирования контраста на дефектах кристаллического строения в электронной микроскопии»	3	11		2		2								
2.18	Лабораторная работа «Определение плотности дислокаций по электронно-микроскопическим		12			2	2								

	изображениям»														
2.19	<i>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.</i> Решение задач материаловедения методом просвечивающей электронной микроскопии.	3	13	2											
2.20	<i>Семинарское занятие «Анализ изображений структуры в электронном микроскопе»</i>	3	13		2		2								
	<i>Лабораторная работа «Анализ и расчет точечной электронограммы».</i>	3	14			2	2								
2.21	<i>Методы рентгеноструктурного анализа.</i> Свойства рентгеновских лучей. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Поглощение рентгеновских лучей. Вторичное характеристическое излучение. Основные принципы рентгеноспектрального анализа вещества..	3	15	2											
2.22	<i>Семинарское занятие «Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию металлов и сплавов.</i>	3	15		2		2								
2.23	<i>Лабораторная работа «Определение вещества по дифрактограмме».</i>	3	16			2	2						+		

2.24	<i>Методы рентгеноструктурного анализа.</i> Метод поликристаллов. Типы съемок и объект исследования. Рентгеновская дифрактометрия. Прецизионное определение периода кристаллической решетки. Рентгенографическое исследование твердых растворов Изучение процессов, происходящих при термической обработке сплавов. Рентгенографический анализ закаленной стали. Определение содержания углерода в мартенсите и количества остаточного аустенита	3	17	2		3								
2.25	<i>Семинарское занятие</i> «Построение границы растворимости в двухкомпонентной системе методом прецизионного определения периода решетки».	3	17	2		2								
2.26	<i>Лабораторная работа</i> «Определение вещества по дифрактограмме»(продолжение)	3	18			2	2							
	<b>Форма аттестации</b>		19-21											Э
	Всего часов по дисциплине в третьем семестре			1 8	18	18	45							



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Московский политехнический университет

**Направление подготовки:**

**22.03.01 материаловедение и технологии материалов**

**ОП (профиль): «Перспективные материалы и технологии»**

**Кафедра: Материаловедение**

**ФОНД**

**ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Методы структурного анализа

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Экзаменационные билеты

Деловая (ролевая) игра

Кейс-задачи

Круглый стол (дискуссия)

Коллоквиум

Контрольная работа (бланковое тестирование)

Доклад

Составитель: доцент Т.Ю.Скакова

Москва, 2017 год

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

### Методы структурного анализа

ФГОС ВО 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие

**Профессиональные компетенции:**

КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛ ИРОВ-КА				

ПК-4	<p><b>способность</b> использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-закономерности физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</li> <li>-физические основы методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов)</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</li> <li>применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования, при анализе, диагностике свойств веществ (материалов),</li> </ul> <p><b>владеть:</b> методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии</p>	<p>лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия</p>	<p>УО, ДИ, К-З, К/Р, Д, К</p>	<p><b>Базовый уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать знания о методах исследования, анализа свойств веществ, физических и химических процессах, протекающих в материалах в стандартных учебных ситуациях</li> </ul> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен применять в практической деятельности знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах, использовать методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования при анализе, диагностике свойств веществ (материалов).</li> </ul>
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	-------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ПК-5	<p><b>готовность</b> выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации;</p>	<p><b>знать:</b> Возможности и ограничения различных методов структурного анализа  Основные принципы интерпретации экспериментальных результатов, полученных методами структурного анализа  Номенклатуру рентгеновских установок и электронных микроскопов  <b>уметь:</b> оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа интерпретировать результаты электронно-микроскопических и рентгенографических исследований  <b>владеть:</b> методиками электронно-микроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>лекция, самостоятельная работа</p>	<p>УО, ДИ, К-З, К/Р, Д, К</p>	<p><b>Базовый уровень:</b>  способен воспроизводить полученные знания в ходе текущего контроля  <b>Повышенный уровень:</b>  практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ, в проектной деятельности.</p>
------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ПК-6	<p><b>способность</b> использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями</p>	<p><b>знать:</b> особенности тонкой структуры материалов взаимосвязь микро- и нано-структуры и свойств материалов особенности взаимодействия материалов с полями и излучениями номенклатуру рентгеновских установок и электронных микроскопов</p> <p><b>уметь:</b> оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства материалов; оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями</p> <p><b>владеть:</b> – современными методиками оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов</p>	<p>лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия</p>	<p>УО, ДИ, К-3, К/Р, ,</p>	<p><b>Базовый уровень</b> – способен использовать полученные знания о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями в стандартных учебных ситуациях, воспроизводить полученные знания в ходе текущего контроля</p> <p><b>Повышенный уровень</b> – способен использовать на практике современные представления о микро- и нано-структуре материалов, применяя современные методики оценки влияния микро- и нано-структуры на свойства материалов, взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями.</p>
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таблица 3 Паспорт ФОС по дисциплине "Методы структурного анализа"

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе	Периодичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
1	2	3	4	5	6	7
ПК-4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и	Знания  1. Закономерности физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;	Строение кристаллических материалов  Физика рентгеновских лучей.  Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей и характеристики методов структурного анализа	Текущий (после завершения изучения темы)  Промежуточная аттестация (по окончании семестра)	Экзамен Деловая (ролевая) игра  коллоквиум Контрольная работа;	Письменно, устно	Экзаменационные билеты  Задания контр. Раб.  Доклад

<p>химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p>	<p>2. Физические основы методов рентгенографии и электронной микроскопии как инструмента исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов)</p>					
	<p>Умения</p> <p>1. Применять в практической деятельности методы рентгенографического и электронно-микроскопического исследования при анализе, диагностике свойств веществ (материалов),</p> <p>2. Использовать в исследованиях и расчетах знания о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;</p>	<p>Методы рентгеноструктурного анализа.</p> <p>Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию материалов</p> <p>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.</p> <p>Строение кристаллических материалов</p> <p>Теория сплавов</p> <p>Метастабильные состояния</p>	<p>Текущий (на каждой лабораторной работе)</p> <p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Кейс-задачи</p> <p>дискуссия</p> <p>коллоквиум</p> <p>Контрольная работа;</p> <p>Экзамен</p> <p>Деловая (ролевая) игра</p>	<p>Письменно, устно</p>	<p>Отчет по лаб раб.</p> <p>Задания по кейс-задачам</p> <p>доклад</p> <p>Экзаменационные билеты</p> <p>Задания контр. Раб.</p>

	<p>Навыки:</p> <p>1. Владеть методиками структурного анализа при использовании методов рентгенографии и электронной микроскопии</p>	<p>Методы рентгеноструктурного анализа.</p> <p>Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию материалов</p> <p>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов</p>	<p>Текущий (на каждой лабораторной работе)</p> <p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Кейс-задачи</p> <p>Лаб.раб.</p>	<p>устно</p>	<p>Отчет по лаб раб.</p> <p>Задания по кейс-задачам</p>
<p>ПК-5; готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации;;</p>	<p>Знания</p> <p>1. Возможности и ограничения различных методов структурного анализа</p> <p>2. Основные принципы интерпретации экспериментальных результатов, полученных методами структурного анализа</p> <p>3. Номенклатура рентгеновских установок и электронных микроскопов</p>	<p>Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей и характеристики методов структурного анализа.</p> <p>Методы рентгеноструктурного анализа.</p> <p>Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию материалов</p> <p>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.</p>	<p>Текущий (после завершения изучения темы)</p> <p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Кейс-задачи</p> <p>дискуссия</p> <p>коллоквиум</p> <p>Контрольная работа;</p> <p>Экзамен</p> <p>Деловая (ролевая) игра</p>	<p>Письменно, устно</p>	<p>Дискуссия</p> <p>Экзаменационные билеты</p> <p>Задания контр. Раб.</p>

	<p>Умения</p> <p>1. Оценивать эффективность использования различных методов структурного анализа</p> <p>2. Интерпретировать результаты электронномикроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей и характеристики методов структурного анализа.</p> <p>Методы рентгеноструктурного анализа.</p> <p>Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию материалов</p> <p>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов.</p>	<p>Текущий (на каждой лабораторной работе)</p> <p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Кейс-задачи</p> <p>дискуссия</p> <p>коллоквиум</p> <p>Контрольная работа;</p> <p>Экзамен</p> <p>Деловая (ролевая) игра</p>	<p>Письменно, устно</p>	<p>Отчет по лаб раб.</p> <p>Задания по кейс-задачам</p> <p>доклад</p> <p>Экзаменационные билеты</p> <p>Задания контр. Раб.</p>

	<p>Навыки:</p> <p>1. Владеть методиками электронномикроскопических и рентгенографических исследований</p>	<p>Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов. Методы рентгеноструктурного анализа</p>	<p>Текущий (на каждой лабораторной работе) Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Кейс-задачи Лаб.раб.</p>	<p>устно</p>	<p>Отчет по лаб раб. доклад Задания по кейс-задачам</p>
<p>ПК-6 способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями и излучениями;</p>	<p>Знания</p> <p>1. Особенности тонкой структуры материалов</p> <p>2. Взаимосвязь микро- и нано-структуры и свойств материалов</p> <p>3. Особенности взаимодействия материалов с полями и излучениями</p>	<p>Физика рентгеновских лучей. Строение кристаллических материалов</p> <p>Теория сплавов</p> <p>Метастабильные структуры</p>	<p>Текущий (после завершения изучения темы)</p> <p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Доклад Кейс-задачи дискуссия коллоквиум Контрольная работа; Экзамен Деловая (ролевая) игра</p>	<p>Письменно, устно</p>	<p>Экзаменационные билеты Задания контр. Раб. Задания по кейс-задачам</p>
	<p>Умения</p> <p>1.Оценивать влияние микро- и нано-структуры на свойства</p>	<p>Физика рентгеновских лучей. Строение кристаллических материалов</p>	<p>Текущий (на каждой лабораторной работе)</p>	<p>Кейс-задачи дискуссия коллоквиум Контрольная</p>	<p>Письменно, устно</p>	<p>Отчет по лаб раб. Задания по кейс-задачам Экзаменационные</p>

	<p>материалов;</p> <p>2.Оценивать взаимодействия материалов с полями и излучениями</p>	<p>Теория сплавов</p> <p>Метастабильные структуры</p>	<p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>работа;</p> <p>Экзамен Деловая (ролевая) игра</p>		<p>билеты</p> <p>Задания контр. Раб.</p>
	<p>Навыки:</p> <p>1. Владеть современными методиками оценки влияния микро- и нано- структуры на свойства материалов</p>	<p>Физика рентгеновских лучей. Строение кристаллических материалов</p> <p>Теория сплавов</p> <p>Метастабильные структуры</p>	<p>Текущий (на каждой лабораторной работе)</p> <p>Промежуточная аттестация (по окончании семестра)</p>	<p>Лаб.раб.</p> <p>Кейс-задачи</p>	<p>устно</p>	<p>Отчет по лаб раб.</p> <p>Задания по кейс-задачам</p>

# Вопросы к экзаменам

## Экзаменационные билеты

1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине "*Методы структурного анализа*"

2. В билет включено два задания:

Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний: Темы 1-7

Задание 2. Вопрос для проверки теоретических знаний: Темы 8-11

Задание 3. Задача для проверки умения применять теоретические знания;

3. Комплект экзаменационных билетов включает 20 билетов.

4. Регламент экзамена: - Время на подготовку тезисов ответов - до 40 мин

- Способ контроля: устные ответы.

5. Шкала оценивания:

**"Отлично"** - если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при изменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения.

**"Хорошо"** - если студент твёрдо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

**"Удовлетворительно"** - если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных положений, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

**"Неудовлетворительно"** - если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания.

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

Список вопросов к экзамену и соответствующие коды компетенций:

1. Жидкое, аморфное и кристаллическое состояние системы. Особенности строения. **(ПК-4,**
2. Типы связей между атомами. Условия атомного равновесия в кристаллической решётке. **(ПК-4, ПК-6)**
3. Понятие элементарной ячейки, характеристики кристаллической решётки. **(ПК-4, ПК-6)**



4. Пространственные решётки (решётки Браве). (ПК-4, ПК-6)
5. Символы Германна - Мобена для пространственных решёток. (ПК-4, ПК-6)
6. Базис кристаллической решётки. (ПК-4, ПК-6)
7. Принцип плотнейшей упаковки. (ПК-4, ПК-6)
8. Элементы симметрии кристаллов. (ПК-4, ПК-6)
9. Кристаллографические плоскости и их индексирование. (ПК-4, ПК-6)
10. Нульмерные (точечные) дефекты кристаллического строения. (ПК-4, ПК-6)
11. Равновесная концентрация вакансий, подвижность вакансий, сток вакансий, комплексы вакансий. (ПК-4, ПК-6)
12. Рентгеновская дифрактометрия (ПК-5)
13. Краевые, винтовые дислокации: отличие, характеристики. Вектор Бюргерса. источник Франка - Рида. (ПК-4, ПК-6)
14. Растровая электронная микроскопия (ПК-5)
15. Движение дислокаций: скольжение, переползание. (ПК-4, ПК-6)
16. Плотность дислокаций, аннигиляция дислокаций, влияние различных факторов на плотность дислокаций. (ПК-4, ПК-6)
17. Границы зёрен и субзёрен (поверхностные дефекты), виды границ, большеугловые и малоугловые границы, их строение, когерентные и некогерентные границы. (ПК-4, ПК-6)
18. Основные принципы рентгеноспектрального анализа вещества. (ПК-5)
19. Оптическая схема электронного микроскопа. Режимы микродифракции и изображения. (ПК-5)
20. Кристаллизация металлов и сплавов. Механизм кристаллизации, условия, необходимые для прохождения процесса, характеристики процесса (ЧЦК, ЛСР). (ПК-4, ПК-6)
21. Полиморфные превращения в металлах и сплавах. Механизмы превращения (нормальный и мартенситный), особенности превращения, видманштеттова структура. (ПК-4, ПК-6)
22. Понятия фаза, структурная составляющая. Фаза в металлических системах (твёрдые растворы, химические соединения, промежуточные фазы), условия их образования. (ПК-4, ПК-6)
23. Диаграммы фазового равновесия двойных и тройных систем. Методы построения диаграмм, вариантность системы, правило смежных областей. (ПК-4, ПК-6)
24. Диаграммы состояния с неограниченной растворимостью. (ПК-4, ПК-6)
25. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) в металловедении. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
26. Тройные диаграммы. Концентрационный треугольник. (ПК-4, ПК-6)
27. Политермические и изотермические разрезы тройных диаграмм. (ПК-4, ПК-6)
28. Структурообразование в сталях с различным содержанием углерода. Влияние количества углерода на структуру и свойства стали. (задача) (ПК-4, ПК-6)
29. Структурообразование в белых чугунах. Классификация чугунов по содержанию углерода (по составу).(задача) (ПК-4, ПК-6)
30. Диаграмма изотермического распада переохлаждённого аустенита. (ПК-4, ПК-6)
31. Метастабильные структуры стали - бейнит, мартенсит. Особенности структуры. (ПК-4, ПК-6)
32. Мартенсит. Морфологические типы мартенсита. Особенности строения. (ПК-4, ПК-6)
33. Координационное число для ГЦК, ОЦК, ГПУ решёток.(задача) (ПК-4, ПК-6)
34. Коэффициент заполнения для ОЦК и ГЦК решёток.(задача) (ПК-4, ПК-6)
35. Направления в кристалле и их индексирование в кубических решётках.(задача) (ПК-4, ПК-6)
36. Применение рентгеноструктурного анализа к исследованию металлов и сплавов (ПК-4, ПК-6)
37. (ПК-4, ПК-6)
38. Диаграммы состояния с ограниченной растворимостью и отсутствием растворимости в твёрдом состоянии. (ПК-4, ПК-6)
39. Диаграммы состояния с монотектическим превращением. (ПК-4, ПК-6)
40. Керамические материалы. Общая характеристика. (ПК-4, ПК-6)
41. Строение полимеров, фазовые переходы в полимерах(ПК-4, ПК-6)
42. Металлографический метод: возможности и ограничения. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)

43. Роль рентгеноструктурных и электронно-оптических методов анализа вещества в современном материаловедении. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
44. Общая характеристика методов структурного анализа. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
45. Расчет равновесной концентрации вакансий для заданной температуры (ПК-4, ПК-6)
46. По представленной микроструктуре определить тип стали и количество углерода в ней (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
47. Определение марки углеродистой стали по представленной микроструктуре. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
48. Дать характеристику стали, структура которой представлена на микрофотографии. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
49. Дать характеристику чугуна, структура которого представлена на микрофотографии. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
50. Охарактеризовать структуру, представленную на электронной микрофотографии. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
51. Охарактеризовать дислокационную структуру, представленную на электронной микрофотографии. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
52. Оже-электронная микроскопия (ПК-5)
53. Условие Вульфа - Брегга в дифракционных методах структурного анализа. (ПК-4, ПК-5)
54. Метод тёмного поля в электронной микроскопии (ПК-5)
55. Рентгеновская трубка. (ПК-5)
56. Электронно-микроскопический контраст на дислокациях (ПК-5, ПК-6)
57. Количественный фазовый рентгеноструктурный анализ (ПК-5, ПК-6)
58. Рентгеновская дефектоскопия в контроле качества металла. (ПК-5)
59. Индицирование электронограмм (ПК-5)
60. Дифракционная картина от моно- и поликристаллов (ПК-4, ПК-5)

#### Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московский политехнический университет

#### Направление подготовки:

22.03.01 **Материаловедение и технологии материалов**  
ОП (профиль): «Перспективные материалы и технологии»

#### Кафедра «Материаловедение»

Дисциплина: " *Методы структурного анализа* "

Экзамен, 3 семестр

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Движение и торможение дислокаций. Плотность дислокаций.
2. Оптическая схема электронного микроскопа. Режимы микродифракции и изображения.
3. Охарактеризовать дислокационную структуру, представленную на электронной микрофотографии.

Заведующий кафедрой: А.Д.Шляпин

Составитель: Т.Ю.Скакова

# Деловая (ролевая) игра

по дисциплине *Методы структурного анализа*

## 1. Тема «Электронно-микроскопические методы исследования металлов и сплавов»

**2. Концепция игры.** В ходе деловой (ролевой) игры имитируются реальные условия, отрабатываются конкретные специфические операции, моделируется соответствующий рабочий процесс.

*Краткий сценарий. Содержание игры. На производственном предприятии возникла проблема ухудшения свойств, характеризующих жаропрочность сплава ЭП-227. Лопатки турбин, выполненные из него, выходят из строя. Представитель предприятия в качестве заказчика обратился в научно-исследовательскую лабораторию и сформулировал проблему. Лаборатория в лице исполнителей выполнила структурные исследования методом электронной микроскопии. Исполнители обнаружили изменения морфологии частиц упрочняющей фазы при изменении температуры испытаний на длительную прочность и доложил результаты начальнику лаборатории. Руководители исследовательской лаборатории сделали замечания, сформулировали причины разупрочнения. На встрече с заказчиком руководитель лаборатории доложил результаты работы и обсудил пути решения проблемы. Заказчик должен задать вопросы и убедиться, что проблема решена.*

## 3. Роли:

- 1- Заказчики работы (3-4 человека) формулируют проблему и принимают работу лаборатории, участвуя в обсуждении результатов исследования с руководителями лаборатории и исполнителями, соглашаются или нет с предложенными рекомендациями
- 2- Руководители научно-исследовательской работы и его заместитель (3-4 человека) – осуществляют постановку эксперимента: обсуждают между собой пути решения проблемы, приходят к общему мнению касательно постановки эксперимента, необходимости структурных исследований, дают задание исполнителям, формулируют рекомендации заказчику
- 3- Исполнители работы (3-4 человека) – анализируют электронно-микроскопические изображения структуры жаропрочных сплавов при различных режимах термической обработки, интерпретируют изменения электронно-микроскопических изображений частиц упрочняющей фазы

## 4. Ожидаемый результат:

Формирование профессиональных компетенций в условиях имитации реальных условий при отработке конкретных специфических операций, моделировании соответствующего рабочего процесса.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если, он показал умение интерпретировать изображения ПЭМ, пользуясь полученными теоретическими знаниями, принимал активное участие в обсуждении результатов, обосновывал свою точку зрения;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не смог интерпретировать изображение и не принимал активного участие в обсуждении, не обосновывал свою точку зрения .

## **Кейс-задача**

по дисциплине *Методы структурного анализа*

Навыки интерпретации микроструктуры необходимы исследователю, изучающему структуру и свойства материалов и их взаимосвязь. Представленные кейс-задачи моделируют профессионально- ориентированную ситуацию.

### **Кейс-задача 1**

**Задания для защиты лабораторных работ по теме «Применение оптической микроскопии для решения задач материаловедения»: «Однофазные и многофазные структуры»**

1. Интерпретировать изображения структуры, полученной в металлографическом микроскопе, образцов латуней с различным содержанием цинка,;
2. Интерпретировать изображения структуры, полученной в металлографическом микроскопе, образцов сталей с различным содержанием углерода;

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он провел анализ микрофотографий, сделал вывод о характере микроструктуры, показал умение интерпретировать изображения, пользуясь полученными теоретическими знаниям;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он смог провести анализ микрофотографий, не сделал вывод о характере микроструктуры, не показал умение интерпретировать изображения микроструктуры.

### **Кейс-задача 2**

**Задания для защиты лабораторных работ по теме «Применение просвечивающей электронной микроскопии для решения задач материаловедения»: «Выявление особенностей тонкой структуры материалов с использованием изображений ПЭМ».**

1. Интерпретировать электронно-микроскопические изображения структуры образцов металлов, содержащих дислокации;
2. Интерпретировать электронно-микроскопические изображения структуры образцов металлов, содержащих большеугловые границы зерен;
3. Интерпретировать электронно-микроскопические изображения мартенситной структуры в образцах различных сталей;

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он провел анализ микрофотографий, сделал вывод о характере дефектов кристаллической решетки, показал умение интерпретировать изображения ПЭМ, пользуясь полученными теоретическими знаниями;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он смог провести анализ микрофотографий, не сделал вывод о характере дефектов кристаллической решетки, не показал умение интерпретировать изображения ПЭМ.

## **Вопросы для коллоквиумов**

по дисциплине Методы структурного анализа

### **Вопросы для коллоквиумов и соответствующие компетенции**

**Тема: Дефекты кристаллического строения. Поверхностные дефекты (ПК-4, ПК-6)**

1. Теории строения большеугловых границ зерен.
2. Малоугловые границы.
3. Когерентные границы.

**Тема: Фазы в металлических системах (ПК-4, ПК-6)**

1. Электронные соединения.
2. Интерметаллиды; их роль в упрочнении жаропрочных сплавов.
3. Структура промежуточных фаз. Кристаллические решетки карбидов.

**Тема: Растровая электронная микроскопия (РЭМ) (ПК-4, ПК-5, ПК-6)**

1. Физические основы метода РЭМ
2. Принципы работы РЭМ.
3. Анализ изображений, полученных в РЭМ.
4. Задачи, решаемые РЭМ.

**Тема: Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) (ПК-4, ПК-5, ПК-6)**

1. Физические основы метода ПЭМ.
2. Оптическая схема ПЭМ.
3. Увеличение и разрешение ПЭМ.
4. Режимы дифракции и изображения в ПЭМ.

5. Анализ микроэлектронограм.
6. Формирование контраста в ПЭМ. изображения.
7. Светлопольные и темнопольные
8. Изображения дефектов кристаллической решетки (дислокации, границы зерен и т.д.).
9. Прямое разрешение кристаллической решетки.
10. Интерпретация электронно-микроскопического контраста.
11. Задачи, решаемые ПЭМ.

### **Критерии оценки:**

-оценка «отлично» выставляется, если студент ответил правильно на все вопросы коллоквиума, достаточно глубоко и прочно освоил материал данного раздела программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его изложил, привел соответствующие примеры, подтверждающие изложенные положения.

-оценка «хорошо» выставляется, если студент твёрдо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы.

-оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент освоил только основной материал раздела курса, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки.

-оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки, не ответил на более половины вопросов.

## **Задания для контрольной работы**

по дисциплине *Методы структурного анализа*

### **Контрольная работа (образец)**

**Тема** *Механизмы упрочнения металлов (ПК-4, ПК-6)*

#### **Вариант 1**

Задание 1 Твердорастворное упрочнение.

Задание 2 . Роль величины размера зерен.

#### **Вариант 2**

Задание 1 Дислокационное упрочнение.

Задание 2 Роль размера частиц, оказывающих сопротивление движению дислокаций.

#### **Вариант 3**

Задание 1 Дисперсионное упрочнение частицами фаз, выделяющихся при распаде пересыщенных твердых растворов

Задание 2 Роль примесей и легирующих элементов.

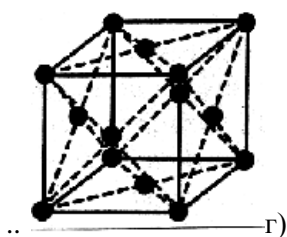
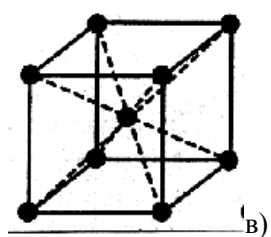
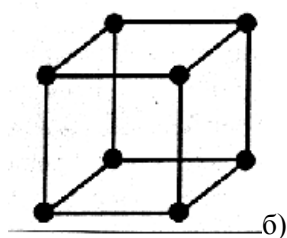
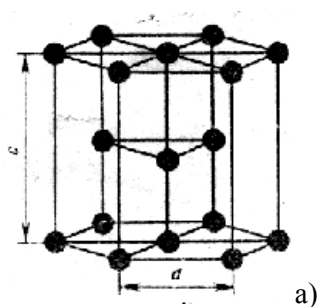
**Контрольная работа в виде бланкового тестирования**

Ниже приведены в качестве примера варианты индивидуальных заданий контрольной работы по теме *Кристаллическое строение материалов. (ПК-4, ПК-6)*. Такие индивидуальные задания для контрольных работ разработаны по темам дисциплины 1-6

**Вариант 1**

**1. Задание.**

ОЦК (объемноцентрированная кубическая) кристаллическая решетка представляет собой... и имеет обозначения пространственной группы... (символы Германа-Мобэна)



## 2. Задание.

Точечные дефекты кристаллического строения...

- А) имеют небольшие размеры в одном направлении и большие - в двух других
- Б) малы в двух направлениях и велики - в третьем
- В) во всех трех измерениях малы
- Г) во всех трех измерениях имеют одинаковую протяженность

## 3. Задание.

Двойное поперечное скольжение могут осуществлять... дислокации

## 4. Задание.

Элемент симметрии 1 является...

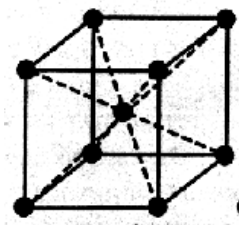
## 5. Задание.

Записать формулу определения коэффициента заполнения в ГЦК решетке

## Вариант 2

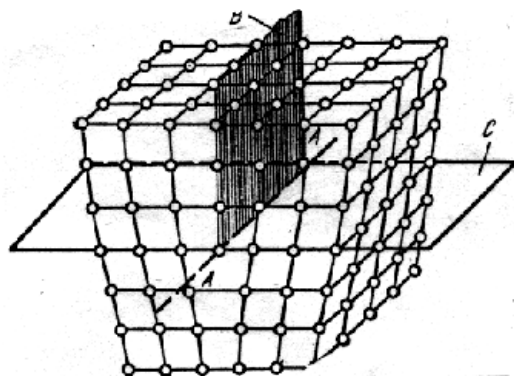
### 1. Задание.

Назвать тип кристаллической решетки и определить координационное число



### 2. Задание.

Дефект кристаллической решетки, вызванный наличием в ней лишней полуплоскости, называется...

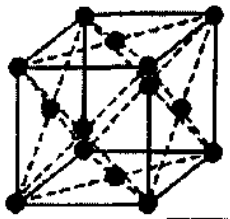




- А) вакансией
- Б) дислокацией
- В) границей зерна
- Г) примесным атомом

**3. Задание.**

Число атомов, приходящихся на элементарную ячейку в ГЦК решетке, составляет...



- А) 0
- Б) 1
- В) 4
- Г) 5
- Д) 10

**4. Задание.**

Сложные решетки всегда имеют...

**5. Задание.**

Элемент симметрии 4 является...

-оценка «отлично» выставляется, если студент ответил правильно на все вопросы варианта, достаточно глубоко и прочно освоил материал данного раздела программы обучения.

-оценка «хорошо» выставляется, если студент твёрдо знает программный материал, не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы варианта.

-оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент освоил только основной материал раздела курса, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки.

-оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки, не ответил на вопросы своего варианта

# Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)

по дисциплине *Методы структурного анализа*

Дискуссия как оценочное средство позволяет включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.

1. Тема занятия: Микроструктурный анализ металлов и сплавов. *Тема дискуссии:* «Возможности и ограничения метода металлографии» (ПК-4, ПК-5, ПК-6)

2. Тема занятия: Поллиморфизм в металлах. *Тема дискуссии:* «Методы изучения полиморфизма в металлах» (ПК-4, ПК-5, ПК-6)

3. Тема занятия: Сравнительная оценка методов структурного анализа материалов.

*Тема дискуссии:* «Оснащение научно- исследовательской лаборатории оборудованием с учетом возможностей обсуждаемых методик, задач, стоящих перед лабораторией и примерной стоимости соответствующего оборудования» (ПК-4, ПК-5, ПК-6)

## Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он принимал активное участие в дискуссии, обосновывал свою точку зрения, например, сумел раскрыть суть проблемы, показал знания обсуждаемых методов и методик;

- оценка "не зачтено" выставляется студенту, если он не принимал активного участие в дискуссии, не мог обосновать свою точку зрения, не смог раскрыть суть проблемы и обсуждаемых методов и методик.

## Темы докладов

по дисциплине *Методы структурного анализа*

### *Раздел дисциплины*

***Рентгеноструктурные и электронно-оптические методы анализа вещества в современном материаловедении. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)***

1. Роль рентгеноструктурных и электронно-оптических методов анализа вещества в современном материаловедении.(ПК-4, ПК-5, ПК-6)
2. История открытия рентгеновских лучей.(ПК-4, ПК-5)
3. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество.(ПК-4)
4. Рентгенотехника.(ПК-5)
5. Рентгеновские трубки.(ПК-5)
6. Количественный рентгеноструктурный анализ.(ПК-4, ПК-5, ПК-6)

7. Материаловедческие задачи, решаемые методом рентгеноструктурного анализа (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
8. Количественный рентгеноструктурный анализ. (ПК-4, ПК-5, ПК-6)
9. Рентгеноструктурный анализ закаленной стали.( ПК-4, ПК-5, ПК-6)
10. Современные электронные микроскопы.(ПК-5)
11. Растровая электронная микроскопия.
12. Материаловедческие задачи, решаемые методом растровой электронной микроскопии(ПК-4, ПК-5, ПК-6)
13. Оже-микроскопия(ПК-5)
14. Рентгеноспектральный анализ(ПК-5)
15. Дифракционный контраст на дефектах кристаллической структуры.( ПК-4, ПК-5, ПК-6)
16. Особенности электронно-микроскопических изображений границ зерен.( ПК-4, ПК-5, ПК-6)
17. Анализ электронно-микроскопических изображений мартенситных кристаллов.( ПК-4, ПК-5, ПК-6)
18. Фазовый контраст в электронной микроскопии.(ПК-4, ПК-5).
19. Абсорбционный контраст в электронной микроскопии.( ПК-4, ПК-5).

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он сумел раскрыть суть проблемы, показал знания методов и методик структурного анализа;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не смог раскрыть суть проблемы, не показал знания методов и методик структурного анализа.